ISSN 1561-5359. Штучний інтелект, 2017, № 2

УДК 004.89

Х.І. Микіч, Є.В. Буров
Національний університет «Львівська політехніка», Україна
вул. Степана Бандери, 32а, м. Львів, 79013

МЕНЕДЖМЕНТ ЗНАНЬ ПРО СИТУАЦІЇ У СИСТЕМАХ ІЗ СИТУАЦІЙНОЮ ОБІЗНАНІСТЮ

Kh. Mykich, Y. Burov
Lviv Polytechnic National University, Ukraine
32a, Stepana Bandery str., Lviv, 79013

SITUATIONAL KNOWLEDGE MANAGEMENT IN SITUATIONAL AWARENESS SYSTEMS

Створення автономних інтелектуальних систем вимагає реалізації в них ситуаційної обізнаності, що використовує знання про ситуації. У роботі розроблено підхід, що базується на онтологічному поданні знань про ситуації для досягнення ситуаційної обізнаності у складних інтелектуальних системах, де об’єкти можуть знаходитись у кількох ситуаціях одночасно. Для спрощення вирішення задач менеджменту знань про ситуації запропоновано метод, що базується на використанні апарату неточних множин, коли інформація є неповною або неточно вираженою.

Ключові слова: ситуація, ідентифікація ситуації, ситуаційна обізнаність, онтологічна модель, неточні множини.

Creating autonomous intellectual systems requires the implementation of situation awareness in them using knowledge about the situation. The approach based on the ontology-based knowledge representation of situation to achieve situation awareness in complex intellectual systems, where objects can be in several situations simultaneously, was developed. The method based on the using of rough sets when the information is incomplete or inaccurate was proposed. It allows to simplify the solution of the tasks of knowledge management about situations.

Key words: situation, situation identification, situation awareness, ontological model, rough sets.

Вступ і постановка проблеми

У зв’язку зі стрімким розвитком не тільки штучного інтелекту, а й комп’ютерних мереж, розподілених архітектур, мультиагентних систем і робототехніки виникла необхідність у розробці таких інтелектуальних систем, які здатні досягти бажаних результатів шляхом децентралізації різних автономних одиниць для високого розуміння поточної ситуації. Необхідною умовою побудови таких систем є формування та підтримка в них ситуаційної обізнаності. На сьогодні, термін «ситуаційна обізнаність» (СО) є дуже популярним і означає здатність отримувати інформацію про поточний стан середовища (системи) та на основі наявних знань формувати висновки про необхідні дії з метою уникнення помилок у майбутньому [1]. Тобто, завдання системи із ситуаційною обізнаністю полягає у забезпеченні повністю автономного прийняття рішення інтелектуальною системою у динамічному середовищі.

На будь-якому етапі людської та комп’ютерної діяльності можна зіштовхнутись із труднощами, коли на основі наявних знань і фактів неможливо вирішити певну проблему відомими методами. Незважаючи на різні підходи щодо ідентифікації проблемних ситуацій, часто виникають труднощі при використанні наявних методів. Системи вимагають поєднання декількох методів вирішення задачі в межах єдиної СО системи. Таким чином, перед нами постає проблемна ситуація,

яку ми повинні ідентифікувати, а також розробити такі методи та засоби ідентифікації проблемних ситуацій, за допомогою яких можна було б не тільки ідентифікувати ситуацію та її стан в системах підтримки прийняття рішень, а й виявляти неполадки у таких системах та уникнути повторного виникнення проблемних ситуацій.

Коректна та ефективна ідентифікація ситуацій вимагає вирішення цілої низки задач і подолання різноманітних труднощів та обмежень. На практиці під ситуацією розуміють набір взаємопов'язаних фактів [2], параметри яких утворюють певний паттерн, який можна ідентифікувати. З іншого боку, виявлення ситуації має сенс тільки тоді, коли в результаті ініціюється виконання певних дій, які призводять до бажаних змін у середовищі, або у зміні фактів і поповненні знань у базі знань. Одна з причин складності ідентифікації ситуацій полягає у тому, що в різних практичних задачах ситуацію розуміють по-різному. Наприклад, її можна подавати як стан об'єкта або групи об'єктів. Ідентифікувати таку ситуацію – це виявити означений стан. Інколи потрібно ідентифікувати ситуацію для групи наближених або подібних станів. У деяких практичних застосуваннях вивчають не стільки окремі визначені стани, але переходи між станами, наприклад, між граничним та цільовим станом. З іншого боку, інколи ситуацію розглядають у динаміці, як процес, що розгортається у часі. Виявити таку ситуацію – це ідентифікувати поточний стан та попередні стани об'єкта зі станами визначеного шаблону процесу. Різні форми подання та розуміння ситуацій вимагають розроблення різних методів ідентифікації.

З іншого боку, досягнення ситуаційної обізнаності часто необхідно для систем, що приймають рішення у реальному масштабі часу. При цьому критичним стає час прийняття рішення та обсяг задіяних інформаційних та обчислювальних ресурсів.

Вихідна інформація, що отримана від сенсорів є неточною, і методи ідентифікації також часто є неточними (приблизними), що випливає з необхідності мінімізації часу прийняття рішення. Врахування неточностей, помилок та неповних знань про предметну область є важливою вимогою для методів ідентифікації.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Ситуаційна обізнаність – це здатність ідентифікувати процес і зрозуміти найважливіші елементи інформації про те, що відбувається. З цього стає зрозумілим, що системи із ситуаційною обізнаністю є важливими не тільки з точки зору штучного інтелекту, але й з точки зору інших галузей, адже розробка систем, здатних ідентифікувати проблемну ситуацію і спрогнозувати майбутні дії є перспективним напрямком будь-якої галузі розробки.

Яскравим прикладом є застосування ідентифікації ситуації у економіці (так зване поняття інтелектуального підприємства). У роботі [3] подано розробку механізму ідентифікації ситуацій та причинно-наслідкових зв'язків між подіями на підприємстві з використанням методів та інструментів інтелектуального аналізу даних. Автор зазначив, що проблемна ситуація може бути досліджена за схемою: проблема (наслідок) – симптоми (індикатор) – параметри – фактори – причини – першопричини.

У роботі [4] розглянуто ідентифікацію проблемних ситуацій та їх станів у складних технічних системах із використанням модифікованого алгоритму ФОРЕЛ.

У роботі [5] проаналізовано моделювання процесу кластерного аналізу надзвичайних ситуацій на залізничному транспорті. У цій роботі використано

програмний засіб DEDUCTOR, що базується на класичному алгоритмі k-means та модифікованому алгоритмі k-means.

Використання знань про предметну область, поданих у формі онтології та онтологічних моделей для ідентифікації ситуацій, має суттєві переваги порівняно з використанням таблиць, дерев рішень чи наборів правил. Зокрема, воно дає змогу зберігати та використовувати знання про предметну область та можливі ситуації в ній у цілісній формі з врахуванням взаємозалежностей між об'єктами та ситуаціями, поданими у формі відношень. Крім того, застосування онтологій для ідентифікації ситуацій надає додаткові можливості для задання та опрацювання інформації про ситуації шляхом використання структурних особливостей і механізмів логічного виведення онтології.

Формально, у межах онтології знання про ситуації зберігаються як нащадки окремого класу *Situation*. Водночас, у описі ситуації (атрибут *DefinedFor*) є посилання на класи, для яких така ситуація визначена. Це спрощує пошук ситуацій у процесі вирішення практичних задач, ув яких необхідно знайти ситуацію, в якій може перебувати конкретний об'єкт певного класу [6].

Якщо $\overline{S} = \{S_1, S_2, ..., S_n\}$ – множина ситуацій, то визначена функція $F_{TS} : T \to \overline{S}$, яка відображає множину класів онтології у множину ситуацій. Ця функція дає змогу поділити множину ситуацій на підмножини, що відповідають класам онтології:

$$\overline{S} = \bigcup_{i=1}^{nt} S_{Ti} . \quad (1)$$

Множини S_{Ti} можуть перетинатися, тому що об'єкт певного класу може знаходитися у декількох ситуаціях.

Мета дослідження

Метою роботи є розробка онтологічної моделі подання знань з використанням апаратів гранулярного підходу та теорії неточних множин для спрощення вирішення задач менеджменту знань про ситуації.

Виклад основного матеріалу

Однією із найбільш відомих моделей СО є модель синтезу даних (JDL модель) [7]. Характерною її особливістю є абстрагування від виконання операцій збирання даних, оцінки ситуації та прийняття рішення тільки агентом-людиною, що дає змогу розглядати СО для систем людино-машинних та суто комп'ютерних агентів. У 1998 році Штейнберг, Боумен і Вайт (Steinberg, Bowman, and White) [8] розробили розширення для цієї моделі. Вони переглянули основні визначення моделі синтезу як концептуально, так і з точки зору «рівнів», які охарактеризовано у первинній моделі.

Розширена модель синтезу даних має такі рівні:

- Рівень 0: Сигнал/Функція оцінки – оцінка та прогнозування сигналу або функції стану.
- Рівень 1: Оцінка сутності – оцінка та прогнозування параметричної сутності та атрибутивного стану (тобто сутностей, що розглядаються як індивіди).
- Рівень 2: Оцінка ситуації – оцінка та прогнозування структури частин реальності (тобто відношення між сутностями та їх значення для станів пов'язаних сутностей).
- Рівень 3: Оцінка впливу – оцінка та прогнозування корисності/цінності сигналу, сутності або стану ситуації, у тому числі прогнозованих впливів заданих системою альтернативних варіантів.
- Рівень 4: Оцінка роботи – оцінка та прогнозування продуктивності системи порівняно з заданим бажаним станом і показником ефективності.

Ідентифікація ситуації відбувається на другому рівні моделі JDL для систем із ситуаційною обізнаністю. На нульовому рівні дані зчитуються з сенсорів та інтерпретуються за їх змістом. Значення, отримані з подібних сенсорів групуються. На першому рівні моделі, отримані на попередньому рівні дані, асоціюються з певними об’єктами у базі фактів та їх атрибутами. На другому рівні, аналізуючи наявні значення у базі фактів ідентифікують ситуації. Таким чином, вхідними даними для ідентифікації ситуації виступають наявні факти у базі знань і значення їх атрибутів. Задачі отримання та опрацювання інформації від сенсорів та ідентифікації об’єктів та їх властивостей за значеннями зчитаних даних у роботі не розглядаються.

Перспективним напрямом спрощення процесу менеджменту знань про ситуації є використання парадигми гранулярного комп’ютингу [9], тобто задання ситуацій для великих груп об’єктів. У випадку онтології, де класи утворюють ієрархію і атрибути класів успадковуються підкласами, застосування підходу гранулярного комп’ютингу передбачає задання ситуацій, якщо це можливо, для класів, що належать вищим рівням ієрархії. Визначення ситуації S_j містить атрибут *SDefinition* – At_{def}, в якому зберігається булева сигнатура CS_j, який набуває істинного значення для об’єктів даного класу, які знаходяться у визначеній ситуації. Тобто, об’єкт $t_{ij} \in T_i$ знаходиться у ситуації S_{Ti}, якщо $Cs_{STi}(t_{ij}) = True$.

У найпростішому випадку, коли ситуація визначена станом об’єкта визначеного класу T_i, сигнатура CS_j містить тільки атрибути цього класу:

$$CS_j = BooleanExpression(a_1, a_2, ..., a_n), \qquad (2)$$

де: $\forall i : a_i \in At_i \in T_i$, $BooleanExpression(a_1, a_2, ..., a_n)$ – це булевий вираз з аргументами $(a_1, a_2, ..., a_n)$.

В основі механізмів логічного виведення онтологічного моделювання лежить дескрипційна логіка, яка використовує апарат теорії множин для формування аксіом та конструювання нових класів онтології на основі існуючих. Цей апарат доцільно використати для формування *ситуаційно-орієнтованих концептів онтології*. Такі концепти та відповідні їм класи онтології визначаються через визначення ситуацій та є підкласами класів онтології для яких діють такі ситуації. Прикладами таких ситуаційно-орієнтованих концептів є концепти «учасник зборів» або «порушник правил дорожнього руху». Визначення концептів онтології через ситуації дає змогу не тільки обґрунтувати їх створення, але й знайти усі необхідні атрибути та відношення таких концептів.

Набір об’єктів (популяція) ситуаційного класу T_s, визначеного для класу T_i ситуацією S_{Ti}, задається підмножиною об’єктів класу T_i, для якої аксіома CS_{STi} ситуації S_{Ti} є конструктором класу:

$$\forall t_S : Cs_{STS}(t_S) = True, T_S \subseteq T_i . \qquad (3)$$

Крім атрибутів та відношень успадкованих від старших класів ієрархії такі ситуаційно-орієнтовані класи онтології мають власні атрибути та відношення, визначені у моделі ситуації. Використання ситуаційних концептів дає змогу збагатити онтологічну модель предметної області та використати логічне виведення для отримання та використання нових знань про ситуації.

З іншого боку, застосування механізмів логічного виведення на базі дескрипційної логіки дає змогу будувати складні ситуаційні концепти, використовуючи базові операції теорії множин і, таким чином, розглядати та знаходити об'єкти, які, наприклад, одночасно знаходяться у декількох різних ситуаціях.

На практиці ситуація часто визначається через відношення об'єктів декількох різних типів. Нехай для ситуації S_i ситуаційна модель містить множину класів онтології $\left\{T_1, T_2, ..., T_k\right\}$, сполучені відношеннями $\left\{R\left(T_i, T_j\right)\right\}$, де $i = 1 \div k - 1,\ j = i + 1 \div k$.

Кожен клас моделі T_i має набір атрибутів At_{Ti}, а кожне відношення $R\left(T_i, T_j\right)$ також характеризується набором атрибутів $At_{Ri,j}$. Тоді сигнатура, що визначає ситуацію S_i містить атрибути класів і відношень ситуаційної моделі:

$$CS_{Si} = BooleanExpression(a_1, a_2, ..., a_n)\ , \tag{4}$$

де $\forall i : a_i \in At_{Ti} \bigcup At_{Rij}$.

У деяких випадках неможливо точно задати ознаки ситуації, або ж для певних об'єктів, для яких задана ситуація, існують виключення. Тоді для формального визначення ситуації доцільно застосувати апарат неточних множин та апроксимувати популяцію об'єктів ситуації двома множинами.

Нехай ситуація S^i визначена для певного класу онтології T^k з використанням булевої сигнатури Cs^i. При цьому деякі об'єкти, які підпадають під це визначення точно не відносяться до ситуації, або ж експерти мають сумніви щодо їх віднесення до цієї ситуації. У цьому випадку верхня апроксимація популяції ситуації буде визначена як підмножина об'єктів класу T^k, для яких виконується Cs^i.

$$\overline{Po}(S^i) = \{t^k \mid t^k \in T^k, Cs^i(t^k) = True\} \tag{5}$$

Для визначення нижньої апроксимації необхідно виокремити підмножину об'єктів, які не повністю відповідають ситуації. Така гранична підмножина $Po_B(S^i)$ визначається експертами шляхом перерахування об'єктів, що входять в неї. Тоді нижня апроксимація популяції ситуації S^i визначена формулою:

$$\underline{Po}(S^i) = \overline{Po}(S^i) - Po^B(S^i) \tag{6}$$

У частковому випадку, коли об'єкти, що не відповідають ситуації, можуть бути визначені через значення атрибутів класу умовою $Cs^B(S^i)$. Наприклад, коли ситуація визначена на рівні певного загального класу об'єктів, але не для всіх його підкласів, гранична підмножина визначається як:

$$Po^B(S^i) = \{t_k \mid t_k \in T_k, Cs_i^B(t_k) = True\}\ , \tag{7}$$

а нижня апроксимація визначається за формулою (6).

Таким чином, застосування апарату гранулярного комп'ютингу та неточних множин дає змогу спростити вирішення задач менеджменту знань про ситуації та збагатити знання, подані онтологією з врахуванням ситуаційно-орієнтованих концептів.

Висновки

Використання онтологічного моделювання для подання та ідентифікації ситуацій створює додаткові можливості та обмеження на вирішення задачі ідентифікації. Перевагою є здатність застосування логічного виведення та використання аксіом у процесі міркувань про ситуації. Це відкриває перспективу розробки методів ідентифікації ситуацій, що базуються на логічному виведенні на основі інформації про поточний стан предметної області та знань про цю область.

У процесі розробки методів ідентифікації ситуацій постає проблема складності задачі менеджменту знань. Саме тому у роботі використано парадигми гранулярного комп'ютингу та неточних множин, що дасть змогу суттєво спростити вирішення задач менеджменту знань.

Подальші дослідження будуть спрямовані на реалізацію розроблених методів подання знань для всіх типів ситуацій у системах із ситуаційною обізнаністю.

Література

1. Буров Є.В. Методи подання та опрацювання знань у системах із ситуаційною обізнаністю / Х.І. Микіч, Є.В. Буров // Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Інформаційні системи та мережі. – 2015. – № 832. – С. 205-216.
2. Lambert D. Situations of situation awareness / D. Lambert // Proceedings of the 4th Annual Conference on Information Fusion, Montreal, Qc, Canada. – Vol. II, 2001. – P. 11-17.
3. Чорноус Г. Механізм ідентифікації ситуацій та причинно-наслідкових зв'язків між подіями на підприємстві / Г. Чорноус // Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Економіка. – 2012. – №132. – С.15-20.
4. Савчук Т.О. Ідентифікація проблемних ситуацій та їх станів у складних технічних системах з використанням модифікованого алгоритму Форел / Т.О. Савчук, С.І. Петришин // Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Інформаційні системи та мережі. – 2014. – № 783. – С. 187-193.
5. Савчук Т.О. Оцінювання результатів моделювання процесу кластерного аналізу надзвичайних ситуацій на залізничному транспорті / Т.О. Савчук, С.І. Петришин // Вінницький національний технічний університет. Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. – 2012. – №1.– С. 135-140.
6. Буров Є.В. Онтологічне подання знань про ситуації у системах із ситуаційною обізнаністю / Є.В. Буров, Х.І. Микіч // Інтелектуальні системи прийняття рішень і проблеми обчислювального інтелекту: матеріали міжнародної наукової конференції. – Херсон: Видавництво ПП Вишемирський В.С., 2017. – С. 187-188.
7. Steinberg A.N. Revisions to the JDL Model / A.N. Steinberg, C.L. Bowman, F.E. White // Sensor Fusion: Architectures, Algorithms, and Applications, Proceedings of the SPIE. – Vol. 3719, 1999. – P. 430 – 441.
8. White F.E. A Model for Data Fusion / F.E. White // Proc. 1st National Symposium on Sensor Fusion, 1988.
9. Yao Y.Y. Information granulation and rough set approximation / Y.Y. Yao // International Journal of Intelligent Systems. – Vol. 16. No. 1, 2001. – P. 87-104.

Literatura

1. Burov Ie.V. Metody podannia ta opratsiuvannia znan u systemakh zi sytuatsiinoiu obiznanistiu / Kh.I. Mykich, Ie.V. Burov // Visnyk Natsionalnoho universytetu «Lvivska politekhnika». Informatsiini systemy ta merezhi. – 2015. – № 832. – S. 205-216.
2. Lambert D. Situations of situation awareness / D. Lambert // Proceedings of the 4th Annual Conference on Information Fusion. – Montreal, Qc, Canada. – Vol. II, 2001. – P. 11-17.
3. Chornous H. Mekhanizm identyfikatsii sytuatsii ta prychynno-naslidkovykh zv'iazkiv mizh podiiamy na pidpryiemstvi / H. Chornous // Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu imeni Tarasa Shevchenka. Ekonomika. – 2012. – №132. – S.15-20.
4. Savchuk T.O. Identyfikatsiia problemnykh sytuatsii ta yikh staniv u skladnykh tekhnichnykh systemakh z vykorystanniam modyfikovanoho alhorytmu Forel / T.O. Savchuk, S.I. Petryshyn // Visnyk Natsionalnoho universytetu «Lvivska politekhnika». Informatsiini systemy ta merezhi. – 2014. – № 783. – S. 187-193.
5. Savchuk T.O. Otsiniuvannia rezultativ modeliuvannia protsesu klasternoho analizu nadzvychainykh sytuatsii na zaliznychnomu transporti / T.O. Savchuk, S.I. Petryshyn // Vinnytskyi natsionalnyi tekhnichnyi universytet. Informatsiini tekhnolohii ta komp'iuterna inzheneriia. – 2012. – №1.– S. 135-140.
6. Burov Ie.V. Ontolohichne podannia znan pro sytuatsii u systemakh iz sytuatsiinoiu obiznanistiu / Ie.V. Burov, Kh.I. Mykich // Intelektualni systemy pryiniattia rishen i problemy obchysliuvalnoho intelektu: materialy mizhnarodnoi naukovoi konferentsii. – Kherson: Vydavnytstvo PP Vyshemyrskyi V.S., 2017. – S. 187-188.

7. Steinberg A.N. Revisions to the JDL Model / A.N. Steinberg, C.L. Bowman, F.E. White // Sensor Fusion: Architectures, Algorithms, and Applications, Proceedings of the SPIE. – Vol. 3719, 1999. – P. 430 – 441.
8. White F.E. A Model for Data Fusion / F.E. White // Proc. 1st National Symposium on Sensor Fusion, 1988.
9. Yao Y.Y. Information granulation and rough set approximation / Y.Y. Yao // International Journal of Intelligent Systems. – Vol. 16. No. 1, 2001. – P. 87-104.

RESUME

Kh. Mykich, Y. Burov

Situational knowledge management in situational awareness systems

In the article are described problems related to creation and maintenance of situational awareness systems. The definitions of concepts of situation and its identification are presented. Methods of formalizing and modeling process of decision making in systems with situation awareness (SAW systems) were considered and analyzed. The important feature of autonomous intellectual systems is situation awareness – the ability to obtain information about the state of environment and using this data in combination with knowledge about domain to make decisions on necessary actions. Nowadays different methods are used for domain modeling and the resolution of problems in SAW systems. Existing methods of formalizing situations allows to display only certain subtasks of SA. But decision-making and identification of situations in the real world require a combination of various methods.

In the paper the ontology-based model of situational knowledge representation using a granular computing approach and rough sets theory is proposed in order reduce complexity of situational knowledge management.

An approach based on situational knowledge representation with ontological models is selected for attaining situational awareness in complex intelligent enterprise systems, where objects can be in several situations in the same time and some situations are defined imprecisely. Granular computing approach is used for reduction of situational knowledge management complexity. In order to work with situation defined imprecisely, rough set approximations are proposed for situation definition.

Надійшла до редакції 06.10.2017

